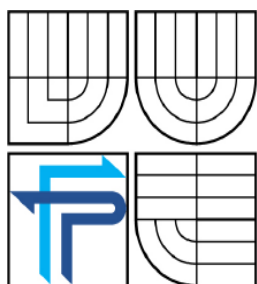


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ
ÚSTAV INFORMATIKY (UI)

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT
INSTITUTE OF INFORMATICS

VYUŽITÍ HLASOVÉHO VÝSTUPU K ODSTRANĚNÍ BARIÉR PŘI PRÁCI NEVIDOMÝCH S POČÍTAČI

THE USE OF SPEECH OUTPUT AS A WAY TO OVERCOMING BARRIERS TO USING
COMPUTERS BY BLIND PEOPLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR RYBÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. VIKTOR ONDRÁK, PH.D.

BRNO 2007

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petr Rybák

6209R021 - Manažerská informatika

Ředitel ústavu v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů Vám zadává bakalářskou práci s názvem:

Využití hlasového výstupu k odstranění bariér při práci nevidomých s počítači

The use of speech output as a way to overcoming barriers to using computers by blind people

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Cíl práce

Analýza současného stavu

Teoretická východiska řešení

Návrh řešení

Zhodnocení a závěr

Rozsah grafických prací:

dle potřeby

Rozsah původní zprávy:

cca 40 stran

Seznam odborné literatury:

Francová, P.: O čem se sní poslepu. Praha : Okamžik, 2005. ISBN 80-86932-02-8

Chvátalová, H.: Jak se žije dětem s postižením. Praha : Portál, 2001. ISBN 80-7178-588-1

Procházka, M.: Borland Delphi : průvodce vývojáře. Vyd. 1. Praha : Mobil Media, 2002. ISBN 80-86593-31-2

Gamma E. a kol.: Návrh programů pomocí vzorů : stavební kameny objektově orientovaných programů. 1. vyd. Praha : Grada, 2003. ISBN 80-247-0302-5

PALETA, P.: Co programátory ve škole neučí aneb Softwarové inženýrství v reálné praxi. 1. vydání: Computer Press, 2003. ISBN 80-251-0073-1

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Viktor Ondrák, Ph.D.

Datum zahájení bakalářské práce:

31. října 2006

Datum odevzdání bakalářské práce:

31. května 2007



Ing. Jiří Kříž, Ph.D.
Ředitel ústavu

Doc. Ing. Miloš Koch, CSc.
Děkan

V Brně dne: 16. února 2007

LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Petr Rybák

Bytem: Husova 169, 267 51, Zdice

Narozen/a (datum a místo): 23.3.1983 Hořovice

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta podnikatelská

se sídlem Kolejní 2906/4, 612 00, Brno

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

Ing. Jiří Kříž, Ph.D., ředitel Ústavu informatiky

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1
Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
 - ☐ diplomová práce
 - ☐ bakalářská práce
 - ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP:	<u>Využití hlasového výstupu k odstranění bariér při práci nevidomých s počítači</u>
Vedoucí/ školitel VŠKP:	<u>Ing. Viktor Ondrák, Ph.D.</u>
Ústav:	<u>Ústav informatiky</u>
Datum obhajoby VŠKP:	<u>červen 2007</u>

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- | | | |
|---|---|-------------------|
| <input type="checkbox"/> tištěné formě | – | počet exemplářů 1 |
| <input type="checkbox"/> elektronické formě | – | počet exemplářů 1 |

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☐ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Abstrakt

Práce ukazuje možnosti vývoje bezbariérových počítačových aplikací. Konkrétně se práce zabývá návrhem počítačové obdoby klasické hry Scrabble pro nevidomé a slabozraké. Výsledkem práce je postup pro vytvoření počítačového programu (hry) umožňujícího nevidomým a slabozrakým bez větších obtíží hrát hru a ovládat program tak, aby se zcela obešli bez podpory vidících osob.

Abstract

The goal of this work is to show possibilities in developing computer applications without obstacles for their users. The work describes designing a computer version of classical desk board game Scrabble. The result is a description of a way how to create such game that will be ready to be played by blind and visually impaired people without any need of assistance of sighted person.

Klíčová slova

zrakově postižení, syntéza řeči, počítačové hry, Scrabble, programování

Keywords

visually impaired people, speech synthesis, computer games, Scrabble, programming

Bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690

RYBÁK, P. *Využití hlasového výstupu k odstranění bariér při práci nevidomých s počítači*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2007. 52 s.
Vedoucí bakalářské práce Ing. Viktor Ondrák, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval sem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 14. května 2007

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji Ing. Viktoru Ondrákovi, Ph.D. za odborné vedení mé práce a poskytnutí užitečných rad pro její napsání.

Poděkování patří i mému bratrovi, který mne k napsání práce motivoval a který mi neustále dokazuje že díky pílí, svědomitosti a nadšení lze překonat jakýkoliv handicap.

Obsah

Úvod.....	12
Cíl práce.....	14
1 Analýza současného stavu.....	15
1.1 Nevidomí a počítačové hry.....	16
1.2 Operační systémy.....	17
1.3 Programovací jazyky.....	18
1.4 Hlasový výstup.....	19
2 Teoretická východiska řešení.....	21
2.1 Specifika práce nevidomých s počítači.....	21
2.1.1 Lineární vnímání informací	21
2.1.2 Grafické vnímání informací.....	22
2.1.3 Zúžený pohled na pracovní prostor.....	22
2.2 Nástroje pro usnadnění práce nevidomých s počítači.....	24
2.2.1 Odečítač obrazovky.....	25
2.2.1.1 Běžně používané odečítače.....	26
2.2.1.2 Hlasový výstup	27
2.2.1.3 Hmatový výstup.....	27
2.2.2 Digitalizace tištěných textů - OCR.....	28
2.3 Syntéza řeči.....	29
2.3.1 Historie.....	30
2.3.2 Základní principy hlasové syntézy.....	31
2.3.2.1 Syntéza výběrem připravených jednotek.....	31
2.3.2.2 Syntéza užitím difónů.....	32
2.3.2.3 Formantová syntéza.....	32
2.3.2.4 Syntéza z psaného textu.....	33
2.4 Přístupnost a svobodné operační systémy.....	34
2.4.1 GNU/Linux.....	34
2.4.1.1 Linux pro nevidomé	36
2.5 Princip hry Scrabble.....	39
2.6 Popis IRS.....	40

2.7 Programovací jazyk Java.....	41
3 Návrh řešení.....	43
3.1 Vymezení návrhu.....	43
3.2 Lokalizace IRS.....	43
3.2.1 Lokalizace prostředí.....	44
3.2.2 Vytvoření českého slovníku.....	44
3.3 Návrh ovládání programu.....	46
3.3.1 Základní principy ovládání.....	47
3.3.2 Popis stavů hry a dostupných voleb.....	49
3.3.2.1 Nová hra.....	49
3.3.2.2 Rozehraná hra.....	50
3.3.2.3 Zobrazení zásobníku – virtuální režim.....	50
3.3.2.4 Zobrazení hrací plochy – virtuální režim.....	50
3.3.2.5 Ostatní stavy hry.....	51
3.4 Zpracování hlasového výstupu.....	51
3.5 Zhodnocení návrhu.....	52
4 Závěr.....	53

Úvod

„Počítače jsou druhá gramotnost. První obrovský skok byl, když Luis Braille vymyslel písmo a nevidomí začali číst a psát.“

„A druhý pokrok přišel, když začali používat počítače. Přístup k informacím je nesrovnatelný s tím, co bylo dřív¹.“

V dnešní době se počítače staly zcela běžnou součástí denního života každého z nás. Usnadňují práci snad v každém oboru lidské činnosti od běžných administrativních činností až po vysoce kvalifikované lékařské systémy, systémy pro řízení elektráren nebo letecké dopravy.

Je proto zcela přirozené, že počítače ovlivňují i způsob života handicapovaných. Každý handicap s sebou přináší úskalí, která je možné více či méně eliminovat za pomoci speciálních pomůcek. Takovou nejuniverzálněji využitelnou pomůckou pro nevidomé a slabozraké je bezesporu osobní počítač.

Osobní počítače jsou však původně navrženy tak, že předpokládají schopnost jejich uživatelů přijímat předávané informace primárně zrakem. Proto je hlavním úkolem řešení usnadňujících práci s počítačem nevidomým a slabozrakým co nejkvalitnější nahrazení vizuálního výstupu počítače, ať již jde o běžné monitory CRT a LCD, tiskárny nebo obecně jakékoliv zařízení závislé na zrakovém vjemu uživatele, řešením, které na zrakovém vnímání založeno není.

Ideální náhradou se v tomto případě stává hlasový výstup. Vzhledem k tomu, že většina počítačových aplikací v prostředí *MS Windows* je velice silně vázána na grafické rozhraní a očekává, že uživatel na grafický výstup konkrétní aplikace uvidí a bude

1 Jiří Mojžíšek, nevidomý programátor, v rozhovoru pro BBC s názvem „GIN - malý velký pomocník pro nevidomé“, 6.12.2004,
<http://www.bbc.co.uk/czech/domesticnews/story/2004/12/041206_cz_blind_pckg.shtml>,
dostupnost ověřena ke dni 17.4.2007

schopen na něj reagovat ideálně opět pomocí některého polohovacího zařízení, např. počítačové myši, je problematika převodu obecných aplikací na hlasový výstup značně komplikovaná.

Cíl práce

Cílem této práce je na základě teoretických poznatků o způsobu, jakým zrakově postižení pracují s počítači, navrhnout počítačovou hru, kterou by takto postižení uživatelé mohli hrát bez asistence vidomé osoby.

1 Analýza současného stavu

Ztráta zraku patří mezi nejvýznamnější zdravotní handicapy. Příčin ztráty zraku je mnoho. Jsou jimi např. nemoci, úrazy, genetické defekty apod. Podle údajů WHO² z roku 2002 je na světě odhadem přes 161 milionu lidí se zrakovou vadou, z toho okolo 37 milionu nevidomých. Zcela přesné údaje o počtu nevidomých v České republice nejsou známy. Podle *Zprávy o situaci zdravotně postižených a nejnaléhavějších úkolech, které je potřeba vyřešit* (14. 1. 1992)³ bylo v České republice k datu publikace zprávy odhadem přibližně 17 000 nevidomých lidí. Novější údaje se nepodařilo nalézt, jako orientační tedy uvádím tyto.

Stejně tak, jako je těžké najít přesný údaj o počtu nevidomých a slabozrakých, je nemožné najít přesný údaj, kolik takto handicapovaných používá počítače nebo jiné elektronické pomůcky. Soudě podle informací o počtu prodaných zařízení, které mi poskytl jeden z prodejců speciální výpočetní techniky a na základě předpokladu, že u ostatních prodejců bude situace obdobná, odhaduji že se toto číslo pohybuje v řádu stovek, maximálně jednotek tisíc. Tento odhad je však jen velmi orientační.

Žijeme-li v tzv. informační společnosti, kdy je podpora zkvalitnění přístupu k informacím jednou z priorit většiny vlád na celém světě, je zřejmé, že i zdravotně handicapovaní musejí mít možnost k informacím snadno přistupovat. Tento fakt si uvědomuje i Vláda České republiky a ve svém plánu s Názvem *Národní plán podpory integrace občanů se zdravotním postižením na období 2006-2009* přijatém jejím usnesením ze dne 17. 8. 2005 se např. zavazuje podporovat dostupnost veřejných knihovnických a informačních služeb knihoven prostřednictvím dotačního řízení na zajištění nabídky zvukových knih a zavádění technických zařízení umožňujících občanům se zrakovým postižením zpřístupnění knihovnických fondů a elektronických informačních zdrojů s finančním zajištěním v rámci výdajového limitu rozpočtové kapitoly Ministerstva kultury. Plánovaný odhad takových výdajů na období 2006-2009 je cca 1,5 mil. Kč.

2 World Health Organization, řídící a koordinační úřad pro zdraví v rámci Spojených národů

3 Zdroj: <<http://www.vlada.cz/files/rvk/vvzpo/zp1992.pdf>>, dostupnost ověřena ke dni 10. 5. 2007

Dalším z cílů stanovených na tomto usnesení je např. prosazování rozšíření přístupnosti webových stránek veřejných institucí občanům se zrakovým postižením (tzv. *blind friendly weby*), což je další z kroků k odbourávání informačních bariér⁴.

1.1 Nevidomí a počítačové hry

Počítače ovšem neslouží jen k získávání informací. Již od počátku jejich vývoje vznikají také počítačové hry. Je pochopitelné, že i nevidomí chtějí hrát a hrají počítačové hry, stejně tak jako hrají i speciálně upravené klasické stolní hry. Hraní vhodných her v rozumné míře může bezpochyby rozvíjet dovednosti jako jsou postřeh, orientace v prostoru, paměť atd. A to jsou dovednosti které zrakově postižení upotřebí více než kdokoli jiný.

V dobách, kdy na počítačích převládaly jednoduché (z hlediska grafického zpracování) textové hry, měli ve většině případů možnost hrát tyto hry pomocí hlasového výstupu bez speciálních úprav i nevidomí. Později, s příchodem operačního systému *MS Windows*, začaly vznikat graficky propracované hry, které jsou sice přitažlivější pro vidící uživatele, ale často zcela nepoužitelné pro nevidomé. Programátoři proto začali tvořit hry speciálně uzpůsobené pro nevidomé, které mnohdy ani nemají grafický výstup a veškeré informace sdělují přes výstup hlasový. Výhodou je, že díky vlastnímu řešení ozvučení většinou k samotnému hraní není potřeba kompatibilní *odečítač obrazovky*.

Za zmínku stojí například kvalitně zpracovaná akční hra pro nevidomé s názvem *Shades of Doom* od *GMA Games*⁵. Tato hra vytváří virtuální realitu použitím 3D ozvučení. Hra našla inspiraci v klasické 3D hře *Doom*, která se stala klasikou mezi hrami pro stolní počítače. Nevidomý se v prostoru může orientovat např. díky zvuku průvanu v průchodech, ozvěny kroků, která je odlišná v malých místnostech a na rozlehlých prostranstvích, případně pomocí rad virtuálního elektronického rádce, kterým je ve hře vybaven.

4 Zdroj: <<http://vlada.cz/files/rvk/vvzpo/NPPI-A4.pdf>>, dostupnost ověřena ke dni 7. 5. 2007

5 <<http://www.gmagames.com/>>, dostupnost ověřena ke dni 8.5.2007

I když se podobně zpracované hry vyvíjejí i u nás, vznikají často jako práce dobrovolníků a jsou poskytovány zdarma nebo za částky, které jsou spíše symbolické. Vzhledem ke zmíněnému odhadu počtu nevidomých uživatelů počítačů neexistuje dostatečně veliký trh pro masovou tvorbu profesionálních her na čistě komerční úrovni, tak, jako je tomu běžné u her pro vidící hráče. Cena takto vyvíjených her by nutně přesahovala finanční možnosti, které většina zdravotně postižených má. Na rozdíl od pořízení samotného speciálního počítačového vybavení, nedostane zrakově postižený na pořízení počítačových her sociální příspěvek od státu. Prostor pro vývoj her na nekomerční bázi je tedy velký.

Mezi mé oblíbené stolní hry patří desková hra **Scrabble**. Je to hra, která výborně slouží k procvičení a doplnění slovní zásoby. Kromě zábavného charakteru má i praktický vzdělávací přínos. Zajímal jsem se tedy o její případné počítačové zpracování v češtině a o eventuální variantu pro nevidomé. Nenalezl jsem ovšem nic, co by bylo pro nevidomé hráče vhodné a tak jsem se rozhodl návrh řešení vytvoření takovéto hry zpracovat.

1.2 Operační systémy

Při vývoji počítačového programu je potřeba rozhodnout, v jakém operačním systému bude výsledný produkt používán. Jelikož mám na svém počítači k dispozici pouze operační systém *Linux* (o *Linuxu* více v kapitole 2.4.1), volil jsem prostředky dostupné pro tento OS. Uvědomuji si však, že rozšířenost operačního systému *Linux* není na osobních počítačích zdaleka tak vysoká jako rozšířenost systému *MS Windows*, zejména ne mezi nevidomými. Proto jsem toto kritérium zohlednil při výběru nástrojů s cílem navrhnout výslednou aplikaci tak, aby fungovala pod oběma operačními systémy buď přímo nebo po nenáročném úpravě.

1.3 Programovací jazyky

Protože jsem jako mnoho ostatních začínal programovat v programovacím jazyce *Pascal*, který se standardně používá pro výuku programování ve školách, chtěl jsem návrh programu vytvořit pro programovací jazyk *Delphi*, který vychází z *objektového Pascalu* a s nímž mám již zkušenosti. Programovací prostředí *Delphi* je však dostupné pouze pro *MS Windows*. Pro operační systém *Linux* existuje řešení s názvem *Kylix*, které bylo vyvinuto společností *Borland* stejně jako *Delphi*, a je s *Delphi* kompatibilní. *Kylix* však již není nadále společností *Borland* vyvíjen ani podporován⁶. Vzhledem k volbě řešení, které má být funkční na obou těchto operačních systémech, jsem se rozhodl od použití *Delphi* resp. *Kylixu* upustit.

Při procházení archivu *open source* software na *sourceForge.net*⁷, jsem našel program s názvem *International Remote Scrabble*, dále jen *IRS*. Jde o program jehož autory jsou Hardev Bhamra, Deepak Chandarana a James Tompkin. Program je uvolněn pod licencí *GNU General Public Licence*, tedy včetně zdrojových kódů, což umožňuje program libovolně modifikovat k potřebným účelům. Výhodou tohoto řešení je úspora času programátora, který nebude muset programovat herní část a bude se moci zaměřit pouze na uzpůsobení aplikace, tak aby ji mohli hrát zrakově postižení. Program je napsán v programovacím jazyce *Java*. Programy napsané v tomto jazyce je možné spouštět pod oběma operačními systémy a toto řešení tak splňuje zadaná kritéria.

Současně volba modifikace hotové aplikace vydané pod licencí *GPL* zavazuje k uvolnění i výsledných zdrojových kódů upraveného programu. S tím souvisí možnost dalšího případného rozvoje hry nezávisle napůvodním autorovi.

⁶ Podle informací na <<http://www.borland.com>>, dostupnost ověřena k 20.4.2007

⁷ Jde o největší server zabývající se Open Source software, který hostuje více než 100 000 projektů z této oblasti. Zdroj: <<http://sourceforge.net/docs/about>>, dostupnost ověřena k 10.2.2007

1.4 Hlasový výstup

Při výběru tématu této práce jsem vycházel z předběžných hypotéz, že existuje rozhraní pro syntézu řeči pro zvolený programovací jazyk a že existuje použitelná hlasová syntéza českého jazyka. Obě tyto hypotézy se obě samy o sobě ukázaly pravdivé, ovšem v případě jazyka *Java* se vzájemně vylučují.

Jako ideální kandidát se zdál být projekt *FreeTTS*, což je *open source* implementace hlasové syntézy v jazyce *Java*. Projekt jsem prostudoval a zjistil, že v současné době podporuje pouze angličtinu. Vzhledem k tomu, že je mým záměrem navrhnout hru hratelnou zejména v českém prostředí, musel jsem hledat jiné řešení.

Připadají v úvahu dvě možná řešení. Použít syntézu řeči využitím systémového volání, kdy je požadovaný text předáván externímu programu, který se stará o jeho převod na mluvenou řeč. Druhou variantou je namluvení potřebných vzorků, jejich digitalizace a převedení do vhodného formátu.

Obě varianty mají svá pro i proti. Použití **hlasové syntézy** by bylo výhodnější vzhledem k flexibilitě takového řešení. Jednotlivé věty by bylo možné tvořit ad-hoc bez nutnosti předem vymýšlet jejich přesný obsah. Zároveň by bylo možné provádět snadné úpravy výstupu prostou editací textu požadovaných vět. Nevýhodou by ovšem byla pracnější instalace výsledného programu. V úvahu by připadal projekt *Festival*, který obsahuje i podporu češtiny. Jeho funkčnost pod *MS Windows* ale podle autorů není oficiálně podporována. Šlo by tak do značné míry o experimentování.

Na druhou stranu řešení spočívající v **namluvení v programu použitých řetězců** a uložení v dobře komprimovaném formátu by mělo výhodu ve snadné přenositelnosti. Aplikace by nevyžadovala instalaci žádného dalšího software a samotná implementace by také nebyla technicky náročná. Hlasový projev by byl přirozenější a věrohodnější. Program by měl k dispozici „knihovnu“ zvukových záznamů, které by uživateli přehrával v závislosti na daném kontextu. Tímto způsobem je řešeno mnoho her pro nevidomé. Nevýhoda tohoto řešení je v pracnosti vytváření zvukových podkladů a jejich eventuální modifikaci v případě potřeby. Ale vzhledem k tomu, že program obsahuje něco málo přes

200 možných frází, je jejich namluvení realizovatelné v rozumném čase. Problematická se ovšem jeví část, kdy bude potřeba vyslovit složené slovo. Je vyloučené namlouvat všechna slova obsažená v dostupném slovníku. V případě tohoto řešení by tak bylo nutné namluvit jednotlivá písmena abecedy a z nich slova skládat⁸. Kvalita vyslovování tvořených slov nebude tak dobrá, jak by byla v případě použití hlasové syntézy, ale očekávám, že ji půjde zpracovat na takové úrovni, aby byl výstup srozumitelný.

S přihlédnutím k uvedeným faktům navrhuji použít druhou z alternativ – namluvení ve hře použitých textových řetězců. Hlasový výstup bude sice hůře modifikovatelný a vázaný na konkrétní jazyk (v tomto případě na češtinu), ale hra nebude mít další závislosti v podobě instalace speciálního software pro hlasovou syntézu.

8 Více o této problematice v kapitole 2.3

2 Teoretická východiska řešení

Následující kapitola se zabývá způsoby, jakými zrakově postižení pracují s počítači a jaké nástroje jim tuto práci usnadňují či vůbec umožňují. Dále stručně popisuje možnosti a druhy řečové syntézy. Protože v praktické části navrhovaná aplikace má být nezávislá na operačním systému, zmiňuje se tato kapitola také o operačním systému *Linux* a software s otevřeným zdrojovým kódem. Shrnuje možnosti, které tyto alternativy ke komerčnímu software přinášejí zrakově postiženým uživatelům.

V dalších částech jsou pak obecné informace o zvoleném programovacím jazyce *Java*, popis *IRS* a základní informace o hře *Scrabble* včetně úvodu do pravidel hry v míře nezbytné pro návrh řešení.

2.1 Specifika práce nevidomých s počítači

Jak již bylo zmíněno, využívání elektronických pomůcek otevírá zrakově postiženým nové možnosti v přístupu k informacím. I když jsou počítače pro handicapované velkým přínosem, je stále potřeba překonat komplikace v podobě zaměření počítačového výstupu primárně na vizuální vnímání zobrazovaných informací. Následující část proto shrnuje podstatné rozdíly mezi využíváním počítačů běžnými uživateli a uživateli se zrakovým postižením.

2.1.1 Lineární vnímání informací

Vnímání informace lineárně je prvním specifikem práce zrakově postiženého uživatele s počítači. Nevidomý uživatel má obvykle k dispozici pouze data obsažená v aktuálním poli, na aktuální položce v menu či obecně ta, na která ukazuje kurzor. Jak zmiňuje informační materiál *SONS*⁹ - „*Vidící uživatelé při práci s myší aktuální polohu kurzoru téměř nevnímají. Pohyb myši nahrazují nevidomému uživateli naučené postupy*“

9 Sjednocená organizace nevidomých a slabozrakých ČR, <<http://www.sons.cz>>

klávesových příkazů. Zpřístupnění práce s PC nevidomým uživatelům pak spočívá v „linearizaci“ grafického prostředí do podoby, která bude dávat nevidomému smysl“ [1]. Pro práci nevidomých s počítači bylo proto paradoxně daleko vhodnější dnes již téměř nepoužívané prostředí operačního systému MS-DOS¹⁰, kde většina informací byla prezentována jako text a používání jen klávesnice jako hlavního nebo dokonce jediného prostředku k ovládání počítače bylo zcela běžné.

2.1.2 Grafické vnímání informací

Problém s **vnímáním grafických informací** zrakově postiženými uživateli je další specifikum. „Na grafické symboly „vidí“ jen uživatelé v pásmu lehké až střední slabozrakosti a to s dostatečným zvětšením. Většina těžce zrakově postižených uživatelů potřebuje zpřístupnění pomocí hlasového a hmatového výstupu, který však „umí“ zpracovat pouze textovou digitální informaci“ [1]. Znamená to tedy, že o veškeré informace, které na obrazovce nejsou prezentovány přímo v textové podobě nebo alespoň ve formě doprovodných textových popisků ke grafickým informacím, bude nevidomý uživatel ochuzen. Ne vždy se musí jednat přímo o obrázky či jinou grafiku. Může jít i jen o nevhodně zvolený způsob uživatelského rozhraní a výběr programovacích technik, kdy i standardní textové komponenty jsou reprezentovány ve formě grafiky.

2.1.3 Zúžený pohled na pracovní prostor

Zúžený pohled na pracovní prostor je specifikum, které přináší slabozrakým uživatelům práce se *softwarovou lupou*.

Softwarová lupa je speciální software zvětšující prostředí operačního systému a pod ním spouštěných programů. Ze svého podstaty je možné této pomůcky použít pouze za předpokladu, že uživatel vidí alespoň částečně. Funkcí takovéto lupy je několikanásobně

¹⁰ Operační systém s celým názvem Microsoft Disk Operating systém; uveden v roce 1981; konec vývoje v roce 2000

zvětšit obsah obrazovky s danou oblastí zájmu. Lupa obvykle sleduje pohyb kurzoru polohovacího zařízení a zvětšuje prostor v jeho okolí. Běžná velikost zvětšení se pohybuje v rozsahu 1x - 16x.

Softwarová lupa obecně nabízí tyto funkce:

- **Inverzi barev** – mnoho uživatelů s vadou zraku upřednostňuje invertované barvy, typicky převrácené z černé na bílé na bílou na černé, což snižuje celkové „záření“ obrazu.

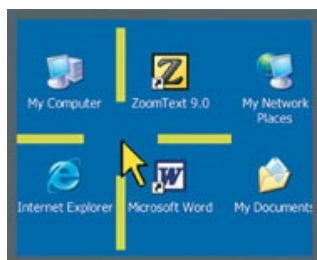


Obr. 1: Inverze barev,

zdroj: Ai Squared

- **Vyhlazování** – písma jsou většinou na obrazovce zobrazována jako bitmapa a při svém zvětšování se mohou stát nečitelné kvůli svému „rozkostičkování“. Softwarová lupa se toto snaží kompenzovat a zvětšené písmo vyhlazovat.
- **Uzpůsobení kurzorů** – kurzory polohovacích zařízení a textové kurzory je vhodné zvýraznit např. animováním pro jejich snazší lokalizaci na pracovní ploše (Obr. 2)

Softwarové lupy existují samostatně nebo se zabudovanou základní podporou hlasového výstupu pro uživatele s těžší vadou zraku.



Obr. 2: Uzpůsobení

kurzorů, zdroj: Ai

Square

Komplikace způsobené používáním softwarové lupy spočívají v tom, že uživatel na svém monitoru sleduje jen malou část z celé pracovní plochy a ztrácí tak globální přehled o informacích na monitoru. „Již čtyřnásobné zvětšení, při kterém uživatel „vidí“ šestnáctinu plochy monitoru, způsobuje velmi obtížnou orientaci na ploše.“ [1]

Všechna tato specifika zapříčiňují podstatně delší čas, který zrakově postižený potřebuje na zorientování se a zpracování počítačem předávaných informací, než kolik potřebuje běžně vidící uživatel.

2.2 Nástroje pro usnadnění práce nevidomých s počítači

Dnes si většina z nás svůj život bez počítače nedokáže představit. Podobně je na tom i mnoho zrakově postižených uživatelů. V minulosti, s nástupem počítačů a jejich pozvolné penetraci mezi běžné uživatele, se však zdálo být nepředstavitelné, že by zrakově postižení mohli s počítači také pracovat. Od roku 1990 se ale aktivity v oblasti vývoje software zaměřují i na podporu handicapovaných uživatelů. Nejprve byl ozvučen operační systém *MS-DOS*, později i systém *MS Windows*. Dnes se tak osobní počítače staly jedním z nejdůležitějších nástrojů usnadňujících nevidomým a slabozrakým život a

kterým speciálně vybavené počítače umožňují pracovat zejména s textem téměř tak, jak to umožňují vidícímu uživateli. Takto vybavené počítače se obecně nazývají kompenzačními pomůckami.

Podle [4] je kompenzační pomůcka pro těžce zrakově postižené „*nástroj, přístroj nebo zařízení speciálně vyrobené nebo upravené tak, aby svými vlastnostmi a možnostmi použití kompenzovalo nějakou nedostatečnost způsobenou těžkým zrakovým postižením*“.

Tyto pomůcky umožňují zapojit ostatní smysly zrakově postiženého a umožnit mu tak číst, psát a obecně zpracovávat informace. Od náročnosti pomůcek je pak odvozena cena a způsob použití.

Základní rozdělení těchto pomůcek z hlediska funkčnosti podle [4] je:

- zvětšení obrazu (softwarové lupy) – proslabo zrakové (viz kapitola 2.1.3),
- zpřístupnění alternativním způsobem (pomocí dvou dalších smyslů) – pro nevidomé:
 - sluch (hlasové výstupy),
 - hmat (hmatové výstupy).

Pro speciálně upravené počítače pro použití nevidomými se používá termín **digitální čtecí přístroj pro nevidomé**. V následujících kapitolách popíši některé jeho důležité části a zaměřím se na možnosti, které různá rozšíření počítačů přinášejí zcela nebo prakticky nevidomým uživatelům.

2.2.1 Odečítač obrazovky

Úprava počítače pro účely použití nevidomými vždy vyžaduje instalaci speciálního software. Je jím *Odečítač obrazovky* také označovaný původním anglickým názvem *screen reader*, který se stará o převod zobrazovaných informací, do podoby vhodné pro

hlasový nebo hmatový výstup. Zpřístupnit tak lze většinu běžně používaných aplikací jako jsou textové editory (např. *MS Word*), internetové prohlížeče, klienti pro práci s elektronickou poštou apod.

Ve **starších operačních systémech** jako byl *MS-DOS*, který obsahoval textovou příkazovou řádku, kde byl výstupem obvykle opět text, bylo ozvučení operačního systému mnohem snazší. Obvykle stačilo zachytávat informace obsažené v zásobníku obrazovky a ty pak prezentovat uživateli. S příchodem **grafických uživatelských rozhraní** (GUI¹¹) se ale situace značně zkomplikovala. V grafickém rozhraní neexistuje čistě textová reprezentace dat a odečítače obrazovek tak musí používat složité nízkourovňové techniky pro získání textových informací z grafických prvků pracovního prostředí.

Tvůrci operačních systému si naštěstí problém přístupnosti začali uvědomovat a snaží se proto vyvíjet programovací rozhraní (tzv. API¹²), která výrobcům odečítacího software práci do jisté míry usnadňují. Odečítače se pomocí tohoto rozhraní mohou operačního systému dotazovat na to, co je aktuálně zobrazeno a zároveň se nechat OS upozornit na případné změny stavu.

2.2.1.1 Běžně používané odečítače

Volba odečítače obrazovky obvykle závisí na mnoha faktorech. Na operačním systému, na dostupných lokalizacích nebo na ceně. Velkou roli také hraje dostupnost lokální podpory vybraného produktu. Pro nevidomého je mnohem obtížnější naučit se ovládat počítač a proto je často odkázán na pomoc školicího střediska a později např. na zkušenější přátele. Ve Spojených státech jsou nejrozšířenějšími¹³ odečítači obrazovek

11 GUI – Graphical User Interface, běžně používaná anglická zkratka pro označení grafického uživatelského rozhraní

12 API – Application Programming Interface

13 Podle informací z Guidelines for Accessible and Usable Web Sites: Observing Users Who Work With Screen Readers, <<http://www.redish.net/content/papers/interactions.html>>, dostupnost ověřena ke dni: 1.5.2007

programy *JAWS*¹⁴ a *Window-Eyes*¹⁵ pro operační systém *MS Windows*. V České republice je situace soudě podle dostupné nabídky prodejců software podobná; používají se lokalizované verze zmíněných produktů.

2.2.1.2 Hlasový výstup

Hlasový výstup je pravděpodobně nejběžnější a nejpohodlnější formou, kterou nevidomý přijímá počítačem sdělované informace. Hlasový výstup bývá součástí odečítače obrazovky. Pro správnou funkčnost je zapotřebí pouze zvukové karty a výstupního zařízení v podobě reproduktorů nebo sluchátek, což je standardní výbava všech prodáváných PC. Hlasový výstup používá k převodu textu na mluvenou řeč tzv. *syntézu řeči*. Více se syntéze řeči věnuje kapitola 2.3.

2.2.1.3 Hmatový výstup

Hmatový výstup nejčastěji v podobě tzv. *brailského řádku* je speciální elektromechanické zařízení sloužící k zobrazování znaků *Braillova písma*¹⁶. Funguje na principu zdvihání bodů skrz otvory v hladkém povrchu, čímž formuje jednotlivé znaky.

14 JAWS – odečítač obrazovky, výrobce: Freedom Scientific, <<http://www.freedomscientific.com>>

15 Window-Eyes – odečítač obrazovky, výrobce: GW Micro, <<http://www.gwmicro.com/>>

16 Systém písma umožňující čtení hmatem, který v roce 1821 vymyslel Francouz Luis Braille.



Obr. 3: Braillský řádek, zdroj: Wikimedia Commons

Většina nevidomých při běžné práci preferuje hlasový výstup. Pro ty, kteří ovládají Braillovo písmo, je ovšem v určitých situacích výhodnější použít hmatový výstup a být tak schopen zcela přesně přečíst, co je na displeji zobrazeno. Takové situace mohou nastat např. při studiu jazyka, čtení zdrojového kódu, matematických zápisů, fyzikálních vzorců apod.

Ceny takovýchto hmatových přístrojů se pohybují v řádech stovek tisíců korun.

2.2.2 Digitalizace tištěných textů - OCR

OCR je i v češtině běžně používanou zkratkou pocházející z anglického *Optical Character Recognition*. Tato metoda slouží k převodu tištěných materiálů do elektronické podoby. V současnosti je mnoho důležitých materiálů dostupných v elektronické podobě a tyto materiály jsou tak přístupné i zrakově postiženým uživatelům počítačů. SONS dokonce provozuje **Knihovnu Digitálních Dokumentů**¹⁷, kde je těžce zrakově postiženým k dispozici přes 8000 knižních titulů a více než 50 periodik v elektronické formě.

¹⁷ Dostupné pro registrované uživatele na adrese <<http://knihovna.brailnet.cz:8080/>>, dostupnost ověřena ke dni 28.4.2007

Najde se však spousta případů, kdy si nevidomý nebo slabozraký potřebuje přečíst text, který se v knihovně nebo jinde v elektronické podobě nenachází. Například při studiu zahraniční nebo nově vydané literatury, propagačních nebo informačních letáků, úředních dokumentů apod. Takových případů je i v dnešní době digitalizace stále mnoho. Je v takovém případě odkázán buď na pomoc vidícího nebo právě na metodu *OCR*.

K použití přitom stačí kromě hlasového výstupu jen *scanner* a speciální software. U nás je pravděpodobně, podle nabídky specializovaných společností, nejpoužívanějším programem *FineReader* od společnosti *ABBYY*.

Technologie rozpoznávání textu je založena na znalostech z oblastí umělé inteligence, strojového vidění a rozpoznávání vzorků. Nejpokročilejší programy dnes nemají problémy s rozpoznáním tištěného textu a chybovost, kdy jsou některé znaky špatně interpretovány, je velmi nízká. Tyto programy jsou dokonce schopné samy rozpoznat rozložení stránky včetně obrázků a toto rozložení následně zachovat při převodu do elektronické podoby, např. ve formě *HTML* nebo *PDF*.

Rozpoznávání tištěného textu dnes tedy není problém. Co však zůstává výzvou je dokonalejší rozpoznávání nekvalitně vytištěného nebo ručně psaného textu. V těchto případech jsou zrakově postižení stále odkázáni na pomoc vidomé osoby.

2.3 Syntéza řeči

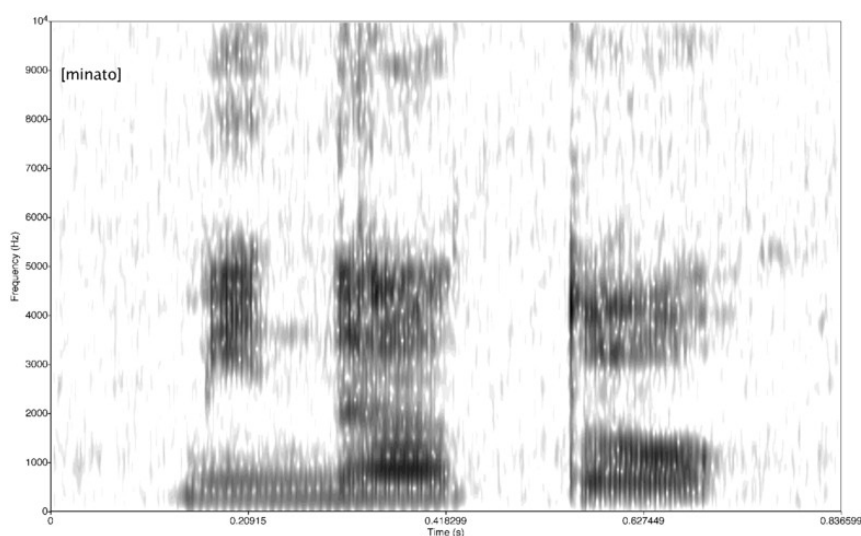
Syntéza řeči je velice komplikovaný proces, který je jádrem všech hlasových výstupů. Má velký vliv na kvalitu výsledného výstupu a jeho srozumitelnost. Pro komfortní využití hlasového výstupu je proto důležité dobré zpracování syntézy řeči.

Problematika syntézy řeči je rozsáhlá, leč zajímavá. V této části proto popíši alespoň její základní principy. Vzhledem ke zmíněné komplikovanosti se zaměřím pouze na klíčové body. Pro zájemce o danou problematiku odkážu na literaturu [2] a další zdroje uvedené v dané publikaci.

2.3.1 Historie

Je to možná překvapivé ale počátky syntézy řeči sahají již do druhé poloviny osmnáctého století, kdy dánský vědec Christian Kratzenstein¹⁸, pracující pro Ruskou akademii věd, sestavil a popsal model lidského hlasového ústrojí schopného produkovat pět dlouhých samohlásek á, é, í, ó a ú. Nezávisle na tom sestrojil podobný přístroj poháněný měchy vědec Wolfgang von Kempelen¹⁹.

Dalšími významným milníkem ve vývoji řečové syntézy byl např. vynález spektrografu²⁰ v roce 1946, který umožnil zobrazit souvislosti mezi jednotlivými vzorky řeči grafickým zobrazením zvuku na spektrogramu (Obr. 4). Jak říká [2] „hlavní a nejdůležitější pokrok však byl učiněn nástupem číslicových počítačů, kdy se rozvinula a v praxi uplatnila celá velká skupina metod založená na digitalizaci a číslicovém zpracování akustického řečového signálu“.



Obr. 4: Spektrogram, zdroj: Wikimedia Commons

18 * 30. 1. 1723 Wernigerode, † 6. 7. 1795 Frederiksberg

19 * 23. 1. 1734 Bratislava, † 6. 3. 1804 Vídeň

20 Zařízení umožňující vizuální znázornění akustického výstupu v podobě frekvenčního spektra, <<http://en.wikipedia.org/wiki/Spectrograph>>, dostupnost ověřena ke dni 13.5.2007

V druhé polovině 50. let dvacátého století byl v Bellových laboratořích vyvinut první počítačový systém syntézy řeči, ke kterému byl využit počítač *IBM 704*. Událost to byla tak významná, že dokonce ovlivnila spisovatele Arthura C. Clarka²¹ při psaní románu *2001: Vesmírná odyssea* [5].

Původní hlasové výstupy zněly značně uměle a kovově, v současnosti je však někdy téměř nemožné počítačový výstup rozeznat od skutečného lidského projevu.

2.3.2 Základní principy hlasové syntézy

Obvyklý způsob, jak vytvořit řečový syntetizovaný signál, je vybrat základní stavební akustické jednotky, zpracovat je a uložit v paměti počítače a posléze, ve vhodném okamžiku, je generovat tak, že se pospojují dohromady vhodné segmenty z tohoto předem uloženého inventáře. Jde o takzvaný princip **skládání**. Již bylo uvedeno, že problematika hlasové syntézy je velice složitá. Hodně také závisí na specifikách konkrétního jazyka, jelikož různé jazyky mají často velmi odlišné pravidla pro tvorbu mluvené řeči, není proto možné vytvořit zcela univerzální systém, nezávislý na konkrétním jazyce.

2.3.2.1 Syntéza výběrem připravených jednotek

Jeden ze způsobů hlasové syntézy je skládání řeči z předem namluvených jednotek různé úrovně a to od spojování jednotlivých vět, přes slova, slabiky až po jednotlivé *fonémy*²². Čím delší je základní jednotka, ze které je výsledný projev skládán, tím rozsáhlejší je potřebná databáze takových předem namluvených jednotek. Na druhou stranu skládáním delších vzorků je možné obecně dosáhnout kvalitnějšího vyznění, protože je zachována celá charakteristika mluveného projevu i díky tomu že zvukový záznam v takovém případě prochází jen velmi malou digitální úpravou.

21 Původem britský spisovatel a vynálezce Sir Arthur Charles Clarke, * 16. 12. 1917 Velká Británie, v současnosti žije na Srí Lance

22 Foném – nejmenší jednotka řeči, která může rozlišovat slova; věda zabývající se touto problematikou se nazývá fonologie

Spojování na úrovni vět nebo slov se často používá v různých automatizovaných hlásičích, kde jsou předem definovány možné varianty či kontext výsledného projevu. Takovými mohou být např. informační hlásiče na vlakových nebo autobusových nádražích, automatizované hlasové systémy na linkách podpory telefonních operátorů, ozvučené kapesní kalkulátory, hodiny a další.

Kromě problému s rozsáhlostí potřebné databáze namluvených vzorků je v případě skládání na úrovni slov problém s jejich spojováním. Výslovnost jednotlivých slov v mluveném projevu závisí na kontextu a např. zakončení každého slova kromě jiného také závisí na slově, které následuje po něm.

Toto řešení navíc není použitelné v systémech, které musejí být schopné převést na hlasový výstup **jakýkoliv** text. Nejsou proto vhodné např. pro použití hlasovým výstupem počítače.

2.3.2.2 Syntéza užitím difónů

Difón je termín označující přechody mezi jednotlivými samohláskami a souhláskami. Difóny jsou důležité proto, že v těchto přechodech je obsažená velká akustická informace o tom jak tvořit samostatné souhlásky, která není obsažená v jednotlivých fonémech.

Výhodou skládání difónů je malá velikost potřebné databáze. Počet všech difónů v různých jazycích je odlišný, ale pohybuje se v řádech stovek až tisíců.

Tato technika se používá ve většině dostupných hlasových syntéz používaných odečítači obrazovky.

2.3.2.3 Formantová syntéza

Tento typ syntézy nevyužívá při tvorbě mluveného výstupu namluvené vzorky řeči, ale výstup vzniká složitým počítačovým modelováním na základě akustického modelu podle přesně definovaných pravidel.

Formant je označení, které fonetika používá pro části zvukového spektra vznikajícího při tvorbě **samohlásek** v hlasovém ústrojí. Vyslovované samohlásky se tak vlivem rezonance v hlasovém traktu skládají z několika složených tónů o různé síle. Každá samohláska se může skládat až ze 4 nebo více rozlišitelných tónů. Pro české samohlásky jsou důležité zejména první dva formanty.

Výhodou formantové syntézy je nižší náročnost na paměť, jelikož není potřeba uchovávat rozsáhlou databázi namluvených vzorků a ty pak spojovat dohromady. Používá se tak v zařízeních, kde je velikost paměti či výkonnost procesoru omezena.

2.3.2.4 Syntéza z psaného textu

Syntéza psaného textu nebo-li konverze textu na řeč je nejobtížnější částí počítačové řečové syntézy. Jak říká [2] *„Jde o úlohu, jejímž řešením by měla být schopnost systému automaticky převést psaný text (např. knihy, noviny, úřední korespondenci apod.) na mluvenou řeč, a to nejlépe v takové formě a kvalitě, jakou by stejný text přednesl člověk s dobrým přednesem.“*

Psaný text obsahuje mnoho úskalí, které je potřeba během převodu na řeč překonat. Např. zkratky, zkratková slova, číslovky a speciální symboly. Slova tvořící zkratky chceme většinou vyslovit po jednotlivých písmenech, číslovky čteme v závislosti na kontextu jako celek nebo po jednotlivých číslicích apod. Na typu věty pak také závisí intonace. Systém by měl být schopen rozpoznat, zda jde o větu oznamovací, rozkazovací nebo tázací a podle toho se přizpůsobit. Správná konverze tak zajišťuje faktickou srozumitelnost textu.

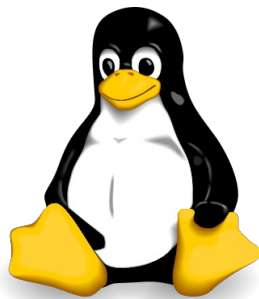
2.4 Přístupnost a svobodné operační systémy

Stejně tak, jako většina vidících uživatelů má na svém počítači nainstalován operační systém *MS Windows* i většina nevidomých či slabozrakých používá tento systém. Existují však alternativní takzvané **svobodné operační systémy**, které jsou dostupné zdarma včetně zdrojových kódů a se širokou základnou programátorů usilujících o zpřístupnění i těchto systémů pro nevidomé uživatele.

Nejběžnější z těchto svobodných systémů je systém s celým názvem *GNU/Linux*, často, ne však zcela přesně (více v kapitole 2.4.1), nazývaný pouze *Linux*. V obecně dostupných publikacích o kompenzačních pomůckách se tato tematika příliš nerozebírá, což je dáno právě nižší rozšířeností a povědomím o těchto systémech. Navzdory tomu nebo právě proto jsem se rozhodl kapitolu seznamující čtenáře s tímto operačním systémem a stavem jeho přístupnosti zahrnout do své práce.

2.4.1 GNU/Linux

GNU/Linux je nejrozšířenější svobodný operační systém a jeho symbol nazývaný *Tux* (na Obr. 5) v podobě tučňáka zná mnoho lidí po celém světě. Systém vychází z operačního systému *Unix*. „Jedná se o operační systém velmi blízký operačnímu systému *Unix*, přičemž je na úrovni zdrojových kódů zcela kompatibilní. [3]“ Zpočátku se



*Obr. 5: Tux, zdroj:
Wikimedia Commons*

jednalo o operační systém určený téměř výhradně pro počítačové nadšence a programátory a jeho rozšířenost se tak omezovala pouze na tuto komunitu uživatelů. Díky snaze jeho tvůrců zpřístupnit jej i méně zkušeným se však stává stále populárnější i mezi běžnými uživateli.

Historie systému sahá do počátku 90. let minulého století, kdy *Linus Torvalds*²³ jako student na Helsinské univerzitě vyvinul jádro, které nazval *Linux*. Projekt *GNU* založený v roce 1984 *R.M.Stallmanem*²⁴ si zase kladl za cíl vytvořit zcela svobodný operační systém. *Stallman* vytvořil kolekci nástrojů a ty doplnil o Linusovo jádro čímž vznikl operační systém *GNU/Linux*²⁵. Já budu pro zjednodušení v dalším textu používat pouze zkrácený název *Linux*.

Podstatným faktem je, že veškerý software vyvinutý v rámci *GNU*, je vydáván pod licenci s názvem *GNU General Public License*, zkráceně *GPL*. Tato tzv. svobodná licence zajišťuje, že software, který je pod ní licencován včetně jeho úprav a jakýchkoliv odvozenin musí být dále také šířen pod touto licenci a to včetně zdrojových kódů.

Tento systém, kdy jsou zdrojové kódy produktu poskytnuty široké veřejnosti k libovolnému užití za dodržení základních podmínek, se též nazývá *open source*. Licence *GPL* se stala fenoménem a od doby jejího vzniku si ji vybralo mnoho úspěšných projektů známých i v prostředí *MS Windows* (např. webový prohlížeč *Mozilla Firefox*, kancelářský balík *OpenOffice.org* a další). Mnoho těchto úspěšných projektů je vyvíjeno počítačovými nadšenci, kteří se navzájem mnohdy osobně ani neznají a komunikují výhradně prostřednictvím internetu.

23 * 28.12.1969, Helsinky

24 * 16.3.1953, New York City

25 O správné pojmenování se vedou spory. Richard Stallman se zastává názoru, že by systém měl být vždy nazýván tímto celým názvem, jelikož *Linux* je pouze jádro bez . Veřejností je však systém téměř výhradně nazýván jen *Linux*.

2.4.1.1 Linux pro nevidomé

Nákup licencí k běžnému softwarovému vybavení pro *MS Windows*, které zahrnuje odečítač obrazovky s hlasovým výstupem a program na rozpoznání textu, nemluvě o vlastním operačním systému a základních kancelářských programech, často několikanásobně **převyšuje pořizovací cenu** samotného počítače. Pořízení takto vybaveného počítače pak může překročit částky nad 130 tis. korun²⁶. Zrakově postižení mají sice ze zákona²⁷ nárok na příspěvek na nákup takového vybavení, přesto však může být nulová cena za volně šiřitelný software jedním z důvodů k jeho volbě.

V textu se převážně soustředím na situaci v České republice. Kde ale svobodný software může najít své uplatnění především, jsou chudé země jako např. Indie, země v Africe a další. Jelikož má tento systém obecně **nižší nároky na hardware**, stačí k jeho provozu i starší PC a cena celého vybavení tak ještě více klesne.

V kapitole 2.1.1, zabývající se specifíkem lineárního vnímání informací, bylo zmíněno, že vhodnějším prostředím pro práci nevidomých bylo paradoxně textové prostředí dnes již starého a nevyvíjeného systému *MS-DOS*. Operační systémy na bázi *Unixu* nejsou na rozdíl od *MS Windows* tak pevně svázané s grafickým rozhraním a mnoho i komplikovaných úkolů lze provádět v lineárním textovém režimu za použití tzv. *konzole*. Toto velkou měrou usnadňuje práci programátorům zabývajícím se tvorbou hlasových výstupů. Vzniklo několik *open source* projektů s cílem vytvořit kvalitní hlasovou syntézu. Velice populární se stal systém pro syntézu hlasu s názvem *Festival* vyvíjený na Univerzitě v Edinburghu.

26 Podle ceníku firmy Galop spol. s r. o., <<http://www.galop.cz/>>

27 Podmínky, za kterých se poskytují dávky sociální péče pro osoby se zdravotním postižením, jsou upraveny ve vyhlášce Ministerstva práce a sociálních věcí ČR č. 182/1991 Sb., kterou se provádí zákon o sociálním zabezpečení a zákon o působnosti orgánů ČR v sociálním zabezpečení, ve znění pozdějších předpisů, více informací na <<http://www.mpsv.cz/cs/8#dsp>>, dostupnost ověřena ke dni 13.5.2007

Velkou měrou se na této záslužné činnosti podílí i český tým programátorů pod názvem *Free(b)soft* a na jejichž webových stránkách²⁸ se dočteme o jejich cíli: „*Ve Free(b)soft laboratoři je řešena problematika zpřístupnění počítačů slepým a těžce zrakově postiženým. Protože chceme pomoci co možná největšímu počtu zrakově postižených, je všečen vyvíjený software volně šiřitelný, je možné jej upravovat a dále předávat dalším potřebným bez našeho dalšího souhlasu a bez placení.*“ Toto prohlášení velice dobře charakterizuje princip svobodného software obecně.

Hlasový syntetizér *Festival* zásluhou *Free(b)softu* podporuje i češtinu a je ho tedy možné použít i u nás v Česku. Více či méně se některým projektům podařilo ozvučit i grafické rozhraní *Linuxu*. Soudě na základě vlastního pozorování se však zatím jako vhodnější řešení zdá býtí spojení ozvučení textového režimu a použití nástroje jakým je například *Emacs*. To je propracovaný textový editor, který mimo jiné obsahuje i textový webový prohlížeč, poštovního klienta pro příjem a odesílání elektronické pošty, kalendář a mnoho dalších užitečných nástrojů, které může nejen nevidomý potřebovat.

Velice problematickou oblastí je ovšem *OCR* (viz kapitola 2.2.2). Vývoj kvalitního software schopného na dobré úrovni rozpoznávat tištěný text je komplikovanou záležitostí a vyvíjené produkty tak vznikají převážně na komerční bázi a téměř výhradně pro prostředí *MS Windows*. Existuje několik *open source* projektů, ale ty zdaleka nedosahují takové spolehlivosti, jaké dosahují komerční řešení (např. *ABBYY FineReader*). Řekl bych, že i toto je jeden z hlavních důvodů pro tak nízkou rozšířenost svobodných operačních systémů mezi nevidomými uživateli.

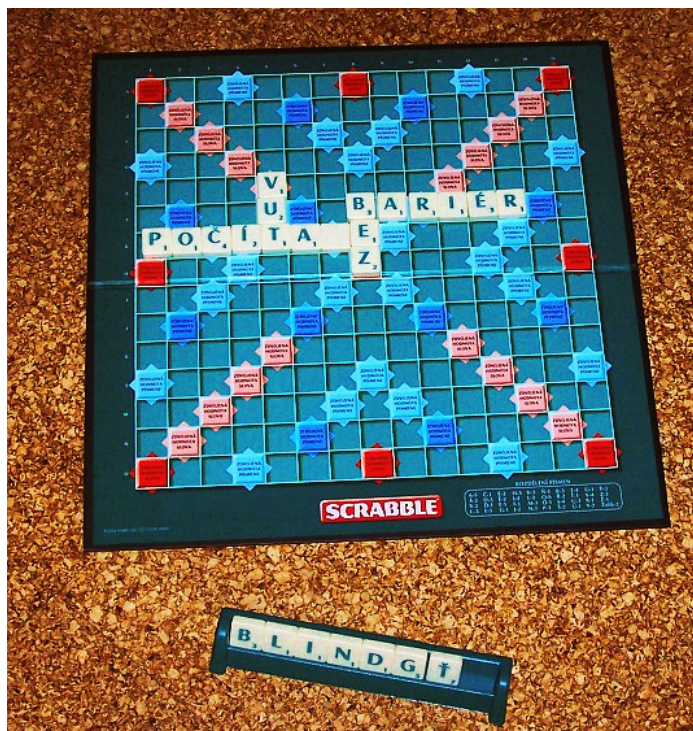
Co dále velkou měrou způsobuje, že není *Linux* natolik rozšířen mezi nevidomými, je strach potenciálních uživatelů z nedostatečné podpory. V jedné z předchozích kapitol bylo zmíněno, že nevidomý uživatel je při studiu práce se speciálními pomůckami zpřístupňujícími mu jeho počítač hodně závislý na podpoře speciálních školicích center pro nevidomé a pak i na případné podpoře zkušenějších kamarádů. Jelikož většina školicích center se specializuje na výuku práce se standardním vybavením pod operačním systémem *MS Windows*, volí z praktických důvodů většina uživatelů právě toto řešení.

28 <<http://www.freebsoft.org>>, dostupnost ověřena k datu 8.5.2007

Nehledě na to, že o alternativních řešeních se mnohdy ani nemá možnost dozvědět. Lze tedy jen doufat, že spolu s pronikáním Linuxu na počítače běžných uživatelů, bude i nadále pokračovat vývoj nástrojů, které umožní lepší využití tohoto jinak velice kvalitního operačního systému i zrakově postiženým uživatelům.

2.5 Princip hry Scrabble

K tomu, aby se bylo dále možné odkazovat na principy a prostředí hry, uvedu v této



Obr. 6: Hrací deska

kapitole stručně základní pravidla hry. Více informací o samotné hře najde zájemce na internetových stránkách *České asociace Scrabble*²⁹.

Klasická stolní hra *Scrabble* se hraje na hrací ploše 15x15 políček (na Obr. 6). Úkolem 2-4 hráčů je na vymezeném prostoru skládat co nejsložitější slova z kamenů s písmeny, které mají hráči k dispozici a které obdrželi náhodným výběrem. Slova je na ploše možné skládat vertikálně či horizontálně a kromě prvního tahu vždy platí, že každé další slovo musí být napojeno na některé již dříve umístěné slovo. Slova je možné tvořit tak, aby dávala smysl při čtení shora dolů nebo zleva doprava a daná slova musí existovat ve slovníku, na kterém se hráči shodli. Dokud nejsou z herního sáčku vybrána všechna

29 <<http://scrabble.hrejsi.cz/>>, dostupnost ověřena ke dni 1.3.2007

písmena, platí, že má hráč k dispozici vždy sedm hracích kamenů, ze kterých může tvořit svá slova. Po každém tahu si hráč dolosuje stejný počet písmen, který použil na sestavení slova v daném kole.

Hráč se může rozhodnout, že kolo využije k výměně libovolného počtu svých kamenů za jiné s tím, že již nemá možnost tvořit slova. Může se i úplně vzdát tahu.

Bodování tahů je prováděno na základě hodnot písmen, které jsou uvedeny na každém hracím kameni. Celkový počet bodů získaných v daném kole je součtem hodnot kamenů tvořících slovo. Hrací pole obsahuje navíc takzvaná prémiová pole, která hodnotu písmene na daném poli násobí, případně násobí hodnotu celého slova.

Hra končí pokud hráč použil všechny své kameny a není již možnost losovat další z hracího sáčku nebo v případě, že již v hracím sáčku nejsou kameny a všichni hráči se ve dvou po sobě jdoucích kolech vzdají tahu. Po ukončení hry se od nabytého skóre odpočte hodnota kamenů, které hráči případně zbyly.

2.6 Popis IRS

IRS (International Remote Scrabble, viz kapitola) jsem zvolil jako základ výsledné hry. Jedná se kvalitně zpracovanou hru, která používá grafických knihoven *Swing* dostupných v programovacím jazyce *Java*. Hra je distribuována v anglické, americké, francouzské a ruské jazykové verzi. Dále jsou k dispozici slovníky podle kterých program ověřuje platnost tvořených slov a to v americké, anglické, francouzské, řecké a ruské jazykové verzi. Program zahrnuje podporu jak pro hru více hráčů na jednom počítači, tak hru přes síť.



Obr. 7: Logo International Remote Scrabble

Program pro svůj běh vyžaduje nainstalovaný *Java Runtime Environment*, což je interpret jazyka *Java* a který je volně ke stažení³⁰ ze stránek společnosti *Sun*. Jeho instalace je snadná a její popis není naplní této práce.

Spolu s programem je dostupná i základní nápověda ve formátu *HTML*. Dokumentace ke zdrojovému kódu je zahrnuta přímo v souborech, které zdrojové kódy obsahují a to ve standardizovaném formátu *Javadoc*. Dokumentace je v angličtině a je na velice dobré úrovni. Kód je psán přehledně, nebude proto problém se v něm zorientovat.

2.7 Programovací jazyk Java

V této kapitole se stručně zmíním o zvoleném jazyce, ve kterém je napsán výchozí program *IRS*. *Java* je objektově-orientovaný programovací jazyk vyvinutý firmou *Sun Microsystems* v počátcích 90. let minulého století. Syntaxe jazyka je velmi podobná programovacím jazykům *C* nebo *C++*. Původně projekt vznikl za účelem použití pro

³⁰ <<http://www.java.com>>, dostupnost ověřena ke dni 23.4.2007

vestavěné systémy, jako jsou pračky, ledničky a jiná elektronická zařízení. Později vznikly verze pro vývoj internetových aplikací, ale i „klasických“ počítačových aplikací a *Java* tak získala na dnešní značné popularitě.

Výhodou programů napsaných v *Javě* je jejich nezávislost na operačním systému, což je výchozí předpoklad stanovený v kapitole 1.2. *Java* funguje tak, že „překlad neprobíhá do jazyka relativních adres, který je v podstatě totéž, co strojový jazyk počítače, ale do pseudojazyka nazývaného byte-code (česky bajtkód). Tento jazyk je nezávislý na cílovém počítači, což prakticky znamená, že programátora nemusí vůbec zajímat, na jakém počítači jeho program poběží.“ [6] Výsledný byte-code je pak vykonáván tzv. interpretrem, který je dostupný pro velké množství operačních systémů.

3 Návrh řešení

V části zabývající se analýzou současného stavu byl zdůvodněn výběr programovacího jazyka *Java* založený na volbě použití *IRS* jako herního jádra aplikace, ke kterému bude přidána podpora pro nevidomé hráče. Tato kapitola pak popisuje praktické řešení cíle práce za využití zmíněných technologií a postupů.

3.1 Vymezení návrhu

V kapitole 2.6 je zmíněno, že *IRS* obsahuje podporu pro síťovou hru. Návrh řešení však bude omezen pouze na popis zpřístupnění lokální hry. Zpřístupnění síťové verze by bylo založeno na stejných principech, které budou navrženy pro jednouchyvatelský mód a pro zjednodušení tak bude popis síťové varianty vynechán.

IRS dále v základní variantě umožňuje po svém spuštění zvolit jazyk uživatelského rozhraní a použitého slovníku. Návrh, který je cílem této práce ovšem počítá s využitím programu pouze v českém prostředí. Pro minimalizaci počtu voleb, které je nucen nevidomý hráč provést, navrhuji v programu dialogová okna týkající se volby jazyka a použitého slovníku potlačit a veškeré relevantní hodnoty přednastavit pro české prostředí.

3.2 Lokalizace IRS

Program obsahuje pouze americkou, britskou, francouzskou a ruskou lokalizaci. Pro použití v českém prostředí tak bude nutné nejdříve provést lokalizaci a doplnit český slovník. Abych mohl v dalších částech použít náhledy obrazovek v českém jazyce, lokalizaci jsem provedl a to včetně vytvoření českého slovníku. Postup je popsán v následujících podkapitolách.

3.2.1 Lokalizace prostředí

Jednotlivé znakové řetězce použité ve hře jsou uloženy ve standardizovaných souborech, takzvaných *ResourceBundles*³¹. Jde textové soubory editovatelné běžným textovým editorem. Jednotlivé řetězce jsou zapsány ve tvaru

```
ID_řetězce=Přeložený_řetězec
```

např.

```
dictionarySelectRequest=Please_choose_a_dictionary.
```

Překlad jsem provedl z anglického jazyka ze souboru s názvem `MessagesBundle_en_GB.properties` a uložil jej do souboru `MessagesBundle_cs_CZ.properties`, což jsou opět standardizované názvy.

3.2.2 Vytvoření českého slovníku

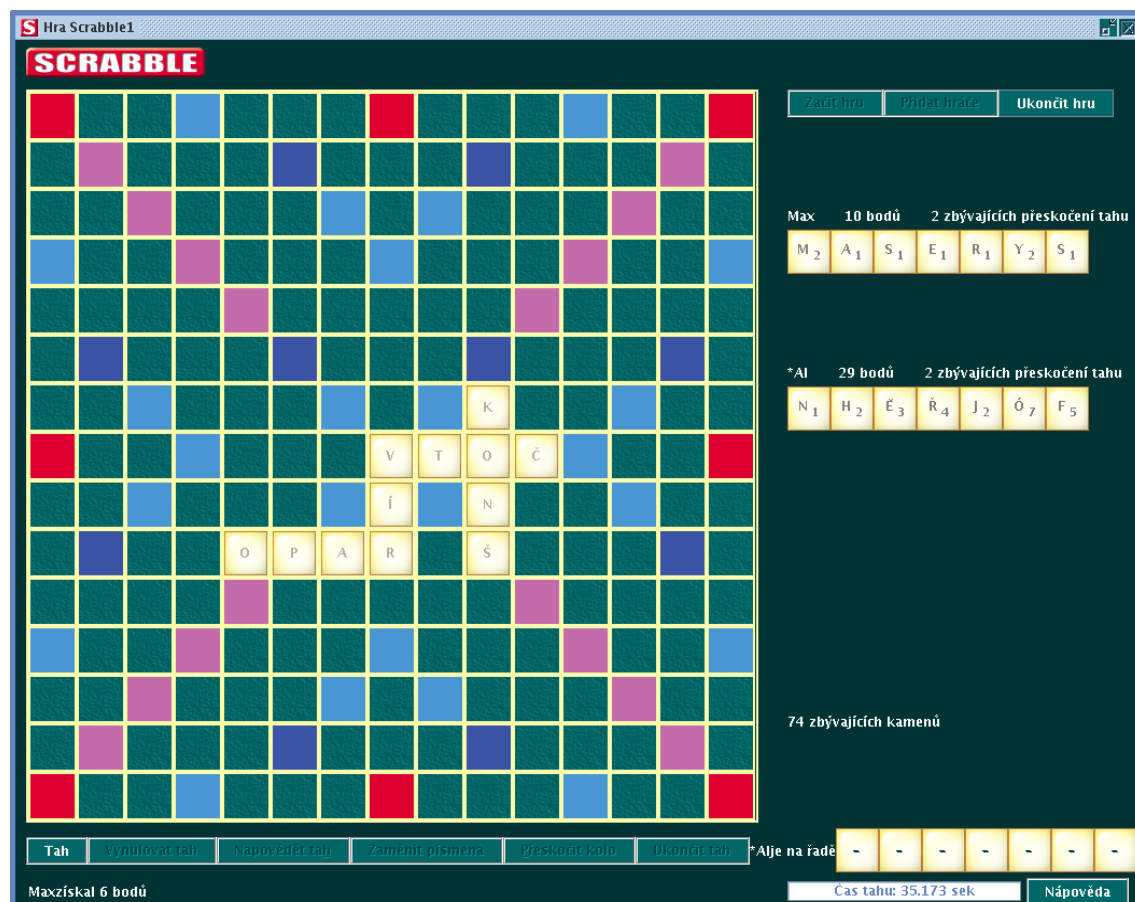
Aby bylo možné program hrát s použitím české slovní zásoby, bylo nutné přidat český slovník – databázi platných slov. V dokumentaci programu je popsáno, jak to provést.

Soubor slovníku je opět uložen v textové podobě s pevně danou strukturou. Slova mohou obsahovat diakritiku, hodnoty všech znaků s diakritikou však musí být transformovány na *ASCII* znaky podle uživatelsky definované převodní tabulky. V převodní tabulce je každý znak definován pomocí jeho hodnoty ve znakové sadě *unicode*. Dále je součástí definice bodová hodnota každého písmene včetně hodnoty prázdného kamene.

31 Detailní popis *ResourceBundles* v článku *Java Internationalization: Localization with ResourceBundles* na webu společnosti *Sun*. <<http://java.sun.com/developer/technicalArticles/Intl/ResourceBundles/>>, dostupnost ověřena k 27.4.2007

Jako zdroj slovníku jsem použil seznam slov na stránkách *České asociace Scrabble*. Jedná se o část oficiálního slovníku *Blex-Klasik* obsahující 34 263 slova o délce 2 až 5 písmen. Pomocí nástrojů běžně dostupných v *Linuxu* jsem slova konvertoval do požadované podoby sestávající pouze z *ASCII* znaků definovaných v převodní tabulce. Výsledkem je tak použitelný český slovník pro hru *IRS*.

3.3 Návrh ovládání programu



Obr. 8: Základní obrazovka rozehrané hry

Stěžejní částí návrhu hry je návrh ovládání tak aby splnilo požadované zadání. Tedy aby nevidomý uživatel byl schopen hrát hru bez asistence vidící osoby. Znamená to zpřístupnění všech pro hráče důležitých informací formou hlasového výstupu a zároveň umožnění program ovládat pouze pomocí klávesnice.

Nevidomý hráč, na rozdíl od vidomého, nemá v každém okamžiku přehled o celkovém stavu rozložení kamenů tvořících slova na hrací ploše. Tento přehled si musí udržovat ve své paměti a hra je tak pro něj mnohem komplikovanější. Vhodně zvolený způsob ovládání by měl hráči získání přehledu o složených slovech co nejvíce usnadnit.

Při hře stolní verze *Scrabble* se nevidomý hráč orientuje pomocí hmatu. Speciálně upravené hrací kameny jsou opatřeny reliéfním popisem v brailleově písmu. Chce-li hráč zjistit, jaké kameny na hrací ploše přibyly nebo si připomenout stav z minulých kol, musí projít jednotlivé položené hrací kameny a odečíst jejich hodnoty.

Aby se nevidomý hráč v abstraktní elektronické verzi hry mohl co nejsnáze orientovat, bude nejlepší cestou ovládání navrhnout tak, aby se jeho princip co nejvíce podobal hře stolní varianty, kterou si může nevidomý dobře prozkoumat pomocí hmatu.

3.3.1 Základní principy ovládání

Ovládání programu musí být konzistentní a intuitivní. Ve všech částech programu musí mít hráč přehled o aktuálně dostupných volbách, které jsou mu k dispozici. Takový přehled vidící hráč získá pohledem na grafické rozhraní programu. Nevidomý je o tento pohled ochuzen a musí mu jej na vyžádání zprostředkovat hlasový výstup.

Dalším důležitým požadavkem je zpětná vazba. Každá změna stavu programu musí být doprovázena hlasovou informací nebo zástupným zvukovým symbolem, kde to bude vhodné.

Jako základní prvek navigace tedy navrhuji **vyhradit jeden pevně stanovený způsob, dostupný v každé části programu**, který uživateli umožní získat přehled všech možných akcí, které **v daném kontextu** může provést. Navrhuji pro tento účel vyhradit klávesovou kombinaci [alt+h]. Jelikož bude tato kombinace dostupná ve všech fázích hry, nebudu ji nadále zahrnovat do popisů voleb v jednotlivých stavech hry.

Dalším důležitým požadavkem je zpětná vazba. Každá změna stavu programu musí být doprovázena hlasovou informací nebo zástupným zvukovým symbolem, kde to bude vhodné.

Pokud předchozí shrnu do bodů, musí být hráč schopen jednotným způsobem v každé části programu získat odpovědi na tyto otázky:

- Kde jsem,
- co se právě stalo
- a jak provedu to, co chci provést?

Kromě grafického rozhraní, které má k dispozici vidomý hráč, bude mít nevidomý hráč navíc k dispozici takzvané **virtuální režimy**, které slouží jako hlasová nadstavba nad grafickým rozhraním a umožní zpřístupnění komplikovanějších částí hry. Zejména jde o virtuální zobrazení herní plochy a zobrazení stavu zásobníku hracích kamenů.

3.3.2 Popis stavů hry a dostupných voleb

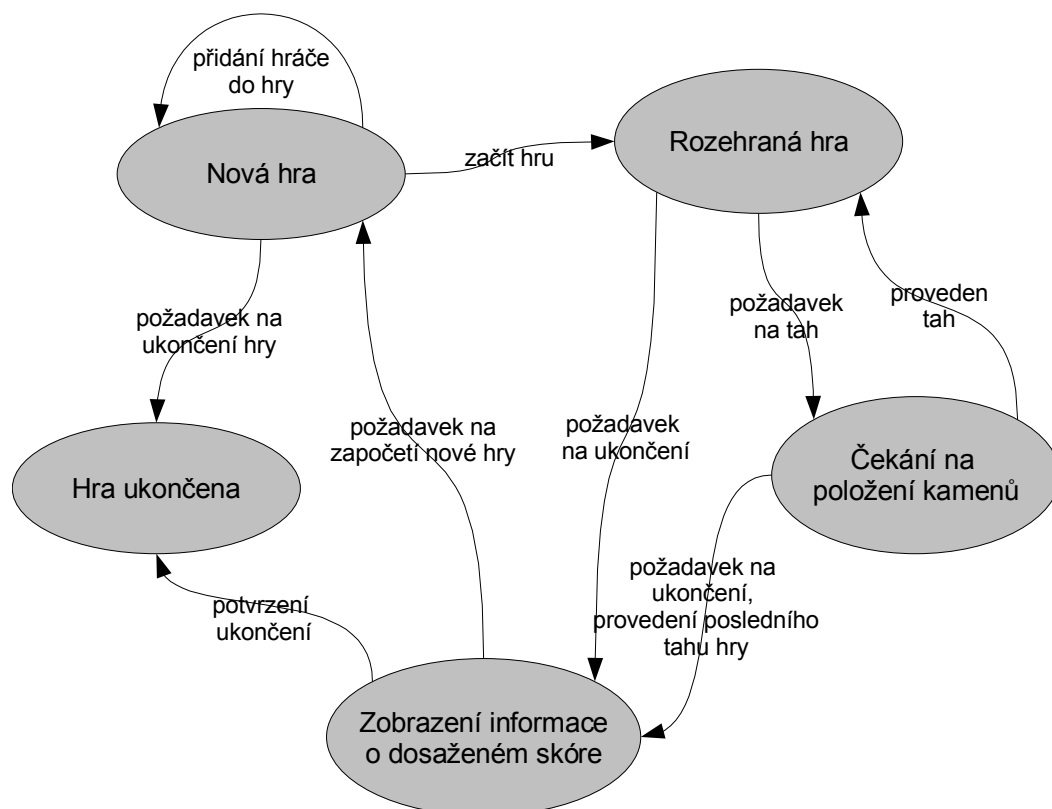


Diagram 1: Zjednodušený stavový diagram hry

Následující podkapitoly zachycují jednotlivé stavy hry od spuštění až po ukončení. Pro každý stav bude popsáno, jaké jsou dostupné možnosti a v závorce bude uvedeno navržené zpřístupnění volby pomocí klávesnice. Jednotlivé stavy hry jsou zachyceny na stavovém diagramu 1.

3.3.2.1 Nová hra

Do tohoto stavu přejde program po svém spuštění. V úvodní fázi hry je potřeba přidat minimálně dva hráče. Dostupné volby: ukonči program [ctrl+q], přidej hráče [alt+a], začni hru (pokud jsou přidání alespoň dva hráči) [alt+z], podej informaci o hráčích účastnících se hry [alt+p].

3.3.2.2 Rozehraná hra

Stav, kdy byli přidáni hráči a začala vlastní hra. Dostupné volby: podej informace o hráčích a jejich stávajícím skóre (upozorní na hráče, který je momentálně na tahu) [alt+p], zobraz zásobník (virtuální režim) [alt+z], zobraz hrací plochu (virtuální režim) [alt+d], přeskoč kolo [alt+s], vrať položené kameny do zásobníku [alt+r], ukonči hru [ctrl+q].

3.3.2.3 Zobrazení zásobníku – virtuální režim

Virtuální zobrazení zásobníku usnadní nevidomému práci se zásobníkem. Zásobník je obsahuje vylosované kameny, které má hráč k dispozici pro sestavení slova. Zobrazení zásobníku také umožňuje výběr kamene pro vložení na hrací plochu a pro výběr kamenů, které chce hráč vyměnit.

Po jednotlivých kamenech se hráč pohybuje šípkami vlevo a vpravo. Volby vztažené ke kameni na aktuální pozici: vlož kámen na hrací plochu [alt+v], označ kámen k výměně [alt+o], informuj o bodové hodnotě kamene [alt+b], přejdi na kámen vlevo [←], přejdi na kámen vpravo [→]. Volby v rámci celého zásobníku: vyměň označené kameny [alt+e], opusť virtuální režim [Esc].

3.3.2.4 Zobrazení hrací plochy – virtuální režim

Tento virtuální režim slouží ke zpřístupnění hrací plochy. Každé pole na hrací ploše má své souřadnice. Hráč má možnost pohybovat se po polích pomocí šipek nebo přejít na vybrané pole přímým zadáním jeho souřadnic. Po přechodu na pole je uživatel automaticky informován opísmeně na kameni, který se na poli nachází.

Dostupné volby v rámci aktuální pozice: podej detailní informace o aktuálním poli (oznámí zda je pole základní nebo násobí hodnotu kamene či celého slova a informuje o případném položeném kameni) [alt+i], přejdi na pole nahoře [↑], přejdi na pole dole [↓], přejdi na pole vlevo [←], přejdi na pole vpravo [→], přečti písmena všech kamenů v aktuální řádce [alt+r], přečti písmena všech kamenů v aktuálním sloupci [alt+c].

Volby pro celé hrací pole: přejdi na zadané souřadnice [alt+s], ukonči virtuální režim [Esc].

Pokud zobrazení hrací plochy předcházela volba pokládaného kamene ze zásobníku, je navíc k dispozici volba umístí kámen na aktuální pozici [alt+u].

3.3.2.5 Ostatní stavy hry

Kromě stavů popsaných výše se hra může nacházet i v dalších stavech. Jde většinou o „pomocné stavy“ např. pro volbu druhu přidávaného hráče, zadání jména přidávaného hráče, zobrazení výsledného skóre apod. Tyto stavy nebudu detailněji rozebírat. V principu je způsob ovládání stejný jako u popsaných základních stavů. Většinou jsou k dispozici jen omezené možnosti v podobě pouhého potvrzení nebo volby ano/ne.

3.4 Zpracování hlasového výstupu

V kapitole 1.4 jsem zvolil použití hlasového výstupu v podobě namluvení potřebných vzorků a jejich přehrávání v odpovídajících situacích.

Detailní popis přípravy zvukových vzorků není náplní tohoto návrhu. Ten spadá, stejně jako vlastní naprogramování popsaného řešení, do implementační části. V zásadě ovšem bude postup spočívat ve vytvoření seznamu všech potřebných řetězců, které bude potřeba vyslovit a jejich následném namluvení a zaznamenání pomocí mikrofonu a vhodného počítačového programu pro zpracování zvukových záznamů

Pro některé stavy nebo události doporučuji namísto namluvené informace použít vhodnou zástupnou „zvukovou ikonu“. Např. přechod na prázdné pole na hrací ploše ve virtuálním režimu může být uvozeno pouhým krátkým tónem. Pokud se jedná o předem známý stav, je tento způsob vhodný ke zrychlení hry. Hráč ví, co daný tón znamená a nepotřebuje jej komentovat slovem.

3.5 Zhodnocení návrhu

Návrh zpracování hry *Scrabble* ukázal hlavní myšlenky, na kterých by měla být samotná implementace programu postavena. Byly uvedeny body, kterých by se měl programátor držet, aby byla hra pro nevidomé použitelná.

Vývoj počítačové hry typu *Scrabble* je časově náročná záležitost. Volbou řešení spočívajícího ve využití kvalitního herního jádra *International Remote Scrabble* a jeho doplnění o ovládací prvky pro těžce zrakově postižené hráče dojde k velké časové úspoře při vlastní implementaci hry.

Velkou část z času potřebného pro naprogramování hry, zabere namluvení a zpracování hlasových vzorků. Odhaduji, že kompletní implementace zpřístupnění hry pro nevidomé by mohla zabrat 1-2 měsíce práce.

4 Závěr

Úkolem této práce bylo navrhnout řešení, jakým by se dala klasická stolní hra *Scrabble* převést do elektronické podoby. Záměrem bylo na takto specifickém příkladu demonstrovat existenci způsobu odstranění bariér stojících v cestě při používání počítače vlivem významně omezené funkce zraku.

Návrh řešení vychází z poznatků, které jsem shrnul do dvou prvních kapitol. První kapitola s názvem Analýza současného stavu přináší základní informace o rozšířenosti zmiňovaného handicapu u nás i ve světě. Popisuje, proč jsem si vybral právě návrh hry *Scrabble*, proč pro mne byla důležitá volba řešení nezávislého na operačním systému a jaké technické prostředky jsem se rozhodl navrhnout použít včetně zdůvodnění tohoto rozhodnutí.

Druhá kapitola s názvem Teoretická východiska řešení detailněji popisuje specifika práce zrakově postižených s počítači. Uvádí přehled dostupných technologií pro počítačový převod textu do mluvené podoby a hodnotí jejich výhody a nevýhody. Jednu kapitolu jsem pak vyhradil možnostem, které zrakově postiženým nabízejí tzv. svobodné operační systémy, zejména operační systém *Linux*. Sám tento systém používám, oceňuji jeho kvality a byl bych rád, kdyby se jej podařilo více prosadit i mezi zrakově postižené uživatele. Vývoj nástrojů, které jeho využití handicapovanými uživateli umožňují, se stále rozrůstá a tak je možné, že k většímu rozšíření systému mezi zrakově postižené uživatele v budoucnu dojde. Poslední tři kapitoly se zabývají popisem principů hry *Scrabble* a nástrojů navržených pro použití při implementaci hry.

Samotná kapitola nazvaná Návrh řešení nemá sloužit jako kompletní projektový plán pro vývoj zvolené hry. Jejím úkolem, který se, myslím, podařilo splnit, bylo navrhnout řešení hry *Scrabble* se zaměřením na ty části, které jsou specifické pro vývoj aplikace použitelné pro nevidomého uživatele. Pokud programátor implementující navržené řešení dodrží stanovené principy, měl by vzniknout program, který bude splňovat kritéria použitelnosti nevidomými bez asistence vidomé osoby.

Doufám, že se tato práce případně stane podkladem pro vznik popsané hry a přispěje tak k obohacení možností, které nevidomým počítače přinášejí.

Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] RNDr. BUBENÍČKOVÁ, Hana. Jak nevidomí pracují s ICT, Dostupný z WWW:
<http://www.sons.cz/docs/blind-ict/>
- [2] doc. Ing. PSUTKA Josef, Csc. Komunikace s počítačem mluvenou řečí, 1995, ISBN
80-200-0203-0
- [3] SOBBEL Mark G. Linux - Praktický průvodce, 1999, ISBN 80-7226-190-8
- [4] Mgr. PAVLÍČEK Radek, Obsluha přístrojů pro oftalmopedy, výuka pro studenty Pdf
MUNI v Brně, 2006
- [5] Wikipedia, Speech synthesis [online], Dostupný z WWW:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Text-to-speech>
- [6] Ing. HEROUT Pavel , Ph.D., Učebnice jazyka Java, 2000, ISBN: 80-200-0203-0
- [7] Talin, A Summary of Principles for User-Interface Design [online], dostupný z
WWW: http://www.sylvantech.com/~talin/projects/ui_design.html

Seznam použitých zkratk

- GNU ... Gnu'sNot UNIX
- GPL ... GNU Public Licence
- OCR ... Optical Character Recognition
- SONS ... Sjednocená organizace nevidomých a slabozrakých